

Efecto del secado solar sobre las propiedades fisicoquímicas del epazote (*Dysphania ambrosioides*)

Ana María Lucho Gómez ^{1*}, Alfredo Domínguez Niño ¹, Octavio García Valladares ¹, Rosa María Chávez Santos ²

¹Instituto de Energías Renovables-UNAM, ²Instituto de Química-UNAM
amlugo@ier.unam.mx, aldoni@ier.unam.mx, ogv@ier.unam.mx, romach1305@outlook.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este estudio se utilizó un secador solar mixto tipo gabinete de mediana capacidad, con el objetivo de analizar como afectaba el uso de diferentes factores (malla sombra, ventilador, tipo de cubierta de colector) sobre el tiempo de secado, contenido de humedad, actividad de agua, diferencia de color y actividad antioxidante del epazote (*Dysphania ambrosioides*). El tiempo más corto de secado se registró para la corrida 3 (sin malla sombra, con ventilador, colector con cubierta de policarbonato) con 4 horas; para esa misma corrida se vieron favorecidas la actividad de agua y la diferencia de color, con 0.432 y 4.7, respectivamente. El contenido de humedad más bajo se registró para la corrida 5 (Sin malla sombra, sin ventilador, colector con cubierta de vidrio) con 4.6%. Mientras que la actividad antioxidante se vio favorecida en la corrida 2 (malla sombra, sin ventilador, colector con cubierta de policarbonato) con 10.27%.

Palabras clave: *Dysphania ambrosioides*, Secado solar, Cinéticas de secado, Malla sombra

Abstract

In this study, a medium-capacity cabinet-type mixed solar dryer was used, with the aim of analyzing how the use of different factors (mesh shade, fan, type of collector cover) affected drying time, moisture content, activity of water, color difference and antioxidant activity of epazote (*Dysphania ambrosioides*). The shortest drying time was recorded for run 3 (without mesh shade, with fan, collector with polycarbonate cover) with 4 hours; for that same run, the water activity and the color difference were favored, with 0.432 and 4.7, respectively. The lowest moisture content was recorded for run 5 (without mesh shade, without fan, collector with glass cover) with 4.6%. While the antioxidant activity was favored in run 2 (mesh shade, without fan, collector with polycarbonate cover) with 10.27%.

Key words: *Dysphania ambrosioides*, Solar drying, Drying kinetics, Mesh shade

Introducción

Se conocen como plantas aromáticas y medicinales a las plantas que producen compuestos fragantes; estas tienen la capacidad de sintetizar compuestos en diferentes partes de la planta [1]. Las plantas aromáticas se han utilizado regularmente como ingredientes de medicamentos, alimentos y cosméticos [2]. Estas plantas y sus aceites esenciales forman parte de la gran riqueza que posee México, sin embargo, el conocimiento que se tiene sobre ellas es limitado [3]. Además de sus propiedades aromáticas, sus componentes químicos activos hacen que las hierbas sean muy útiles para fabricar diversos aditivos [2]. El epazote (*Dysphania ambrosioides*) es apreciado tanto por su sabor como por sus propiedades medicinales. Es una planta anual o perenne de vida corta, que llega a crecer en promedio 1.2 m, tiene el tallo muy ramificado, con ramas de desarrollo irregular y hojas oblongo-lanceoladas de hasta 12 cm de longitud [4]. Se estima que la producción anual en

México es de más de dos mil toneladas [5]. En la gastronomía mexicana se usa en múltiples platillos como frijoles, esquites, quesadillas, tamales, sopas de mariscos, caldos, guisados, etc.

El secado solar es considerado un método de secado eficiente para productos agrícolas, en el cual se emplea la energía radiante procedente del sol. Existen diferentes tipos de secadores empleados para la deshidratación solar de alimentos. Según el mecanismo por el cual se transfiere al producto la energía utilizada para eliminar la humedad, se clasifican en cuatro categorías: i) secado a cielo abierto, ii) secadores solares directos, iii) secadores solares indirectos y iv) secadores solares de tipo mixto. El primer método somete al producto a condiciones adversas, como la radiación solar directa y el viento. El segundo método coloca el producto en un recinto con tapas transparentes o paneles laterales. En el tercer método, primero se calienta el aire y luego se introduce en una cámara con el producto, y finalmente, el último método combina la radiación incidente y el aire precalentado [6]. El uso directo e indirecto de las hierbas aromáticas, como el epazote, requiere un acondicionamiento y secado especial [7]. Sin embargo, existen pocos datos disponibles sobre el secado de epazote, por lo que el objetivo de este trabajo fue secar el epazote utilizando un secador solar mixto tipo gabinete para alcanzar condiciones estables en el contenido de humedad y actividad de agua final, sin que se vieran afectadas las propiedades colorimétricas y la actividad antioxidante.

Metodología

Los experimentos se llevaron a cabo en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM en Temixco, Morelos.

Diseño de experimentos

Para realizar el proceso de secado de epazote se propuso un diseño de experimentos 2^3 , en la Tabla 1 se muestran los factores y niveles del diseño.

Tabla 1. Diseño de experimentos con factores y niveles

Factor	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (+1)
Malla sombra	Sin malla	Con malla
Ventilador	Sin ventilador	Con ventilador
Tipo de cubierta del colector	Policarbonato	Vidrio

Materia prima

La materia prima que se utilizó en los experimentos fue el epazote fresco (Figura 1), el cual se obtuvo en el mercado de Cuernavaca, Morelos. Se seleccionó el epazote con las hojas en mejor estado, que no tuvieran daños físicos.



Figura 1. Muestra fresca de epazote

Descripción del equipo

Para el proceso de secado se utilizó un secador solar mixto tipo gabinete de mediana capacidad, el cual consta de dos partes fundamentales, un colector solar plano para calentar el aire y una cámara de secado con cubierta de policarbonato. Como el tipo de cubierta del colector era un factor en el diseño de experimentos, se utilizaron dos secadores con diferentes colectores, uno con cubierta de policarbonato y otro con cubierta de vidrio, los cuales se observan en la Figura 2. Otro componente importante del secador es el ventilador, el cual se encuentra en la parte trasera de la cámara de secado y funciona con un panel fotovoltaico. Además, se utilizó una malla sombra del 70%, la cual se colocó en la cámara de secado, cuando lo requería la corrida experimental.

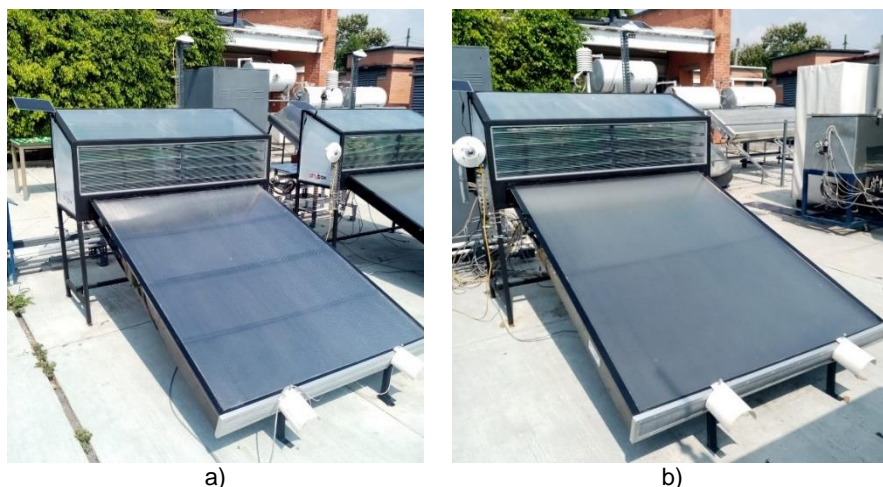


Figura 2. Secadores solares de gabinete con colector solar, a) Colector con cubierta de policarbonato, b) Colector con cubierta de vidrio.

Preparación de la muestra

El epazote se lavó y desinfectó, posteriormente se cortaron las hojas, ya que los tallos al ser más gruesos tardarían más en secarse. Después de tener únicamente las hojas, se colocaron 100 gramos de muestra en mallas de teflón y posteriormente se llevaron a las charolas dentro del secador.

Desarrollo

Se realizaron 8 corridas experimentales, de acuerdo con lo propuesto en el diseño de experimentos. Al inicio de cada experimento se midió el contenido de humedad, la actividad de agua y el color. Además, se midió la actividad antioxidante. El contenido de humedad se determinó con una termobalanza (OHAUS), en la cual se colocaron 3 gramos de epazote. La actividad de agua fue determinada mediante el uso de un medidor de agua HygroLabC1, a una temperatura constante (25°C). Finalmente, el color se midió con ayuda de un colorímetro portátil (NR60CP). La actividad antioxidante de los extractos fue determinada utilizando el método de la actividad atrapadora del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidazil (DPPH), descrita por Chaves [8], con algunas modificaciones.

Resultados y discusión

Cinéticas de secado

En la Figura 3 se muestran las cinéticas de secado obtenidas para el epazote, en ella se observan los tiempos de secado para cada corrida experimental, donde el tiempo más corto se registró para el experimento 3 con 4 horas; las condiciones que se utilizaron para esa corrida fueron el colector con cubierta de policarbonato, sin malla sombra y con ventilador. Mientras que el tiempo de secado más largo se registró fue en el experimento 8 con 7 horas. Actualmente no se han reportado estudios sobre el secado solar de epazote, sin embargo, Orphanides [9] realizó un análisis de diferentes métodos de secado aplicados a hierbas aromáticas, en el cual se mencionan tiempos de secado entre 1.5 y 48 horas. Por lo tanto, los tiempos que se registraron en este trabajo para el epazote son buenos, ya que en un día las muestras alcanzaban un contenido de humedad por debajo del 10%.

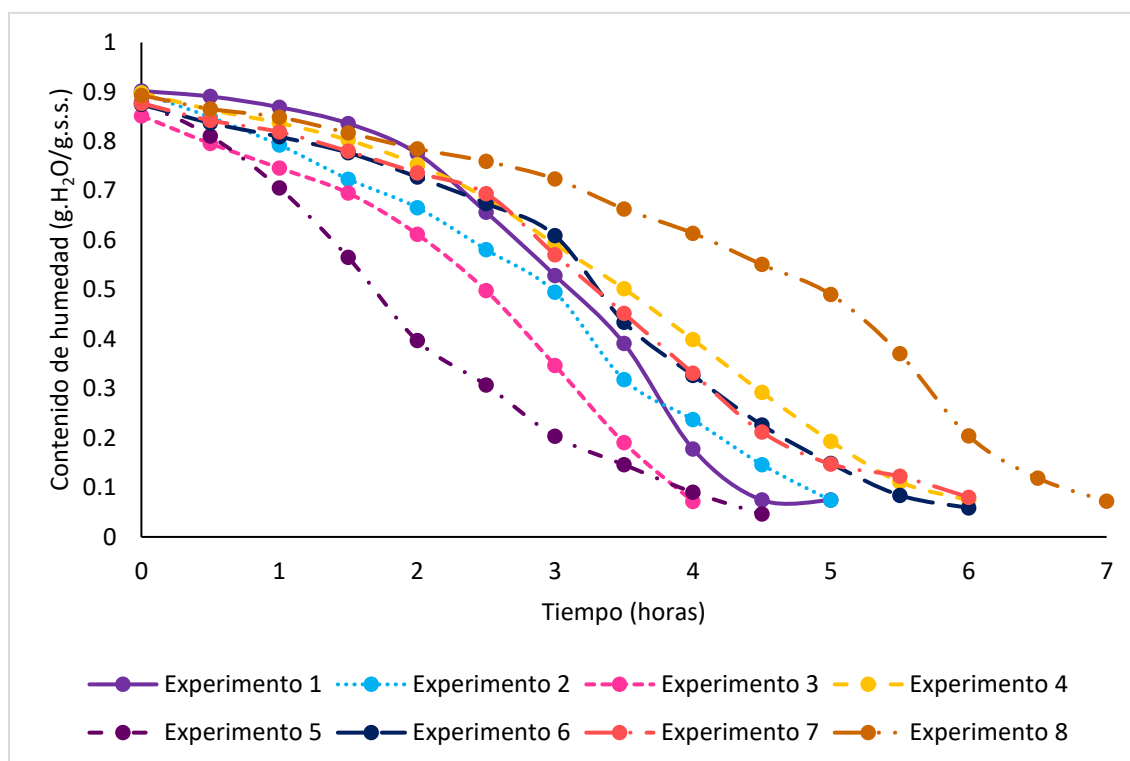


Figura 3. Cinéticas de secado obtenidas para el epazote

Contenido de humedad

El contenido de humedad inicial que se registró para el epazote estuvo entre 85 y 90%, sin embargo, cuando se sometió al proceso de secado disminuyó a menos del 10%. Como se observa en la Tabla 2, el valor más bajo de humedad final se registró para la corrida 5 con 4.6%. Para obtener un valor bajo de humedad el proceso debe llevarse a cabo sin usar malla sombra, sin ventilador y con el colector con cubierta de vidrio.

Actividad de agua

Los valores que se obtuvieron en las muestras frescas de epazote fueron muy cercanos a 1, pero al someterlas al proceso de secado este valor disminuyó significativamente. En la Tabla 2 se observa que para todas las corridas la a_w fue menor a 0.6, lo cual nos indica que se encuentran en condiciones estables para su conservación, ya que por debajo de 0.6 se inhibe el crecimiento de los microorganismos, prolongando así su vida de anaquel.

A pesar de que los resultados son buenos, los valores más bajos que se obtuvieron fueron 0.423 y 0.432, que corresponden a la corrida 8 y 3, respectivamente. En ambas corridas se usó el ventilador, sin embargo, la diferencia entre estas fue que para corrida 8 se usó la malla sombra y el colector con cubierta de vidrio, mientras que para la corrida 3 no se usó la malla sombra y se usó el colector con cubierta de policarbonato.

Tabla 2. Resultados obtenidos para las variables de respuesta en el epazote

Corridas	Factores			Variables de respuesta					
	X ₁	X ₂	X ₃	Contenido de humedad final (%)	Actividad de agua final	Parámetros de color			
						L	a	b	ΔE
1	-1	-1	-1	7.4	0.523	43.67	-2.33	19.85	11.72
2	+1	-1	-1	7.4	0.477	46.38	-7.95	23.73	6.75
3	-1	+1	-1	7.1	0.432	33.7	-6.18	18.24	4.7
4	+1	+1	-1	7.4	0.550	42.42	-6.38	24.63	5.38
5	-1	-1	+1	4.6	0.492	37.54	-5.44	21.68	12.47
6	+1	-1	+1	5.8	0.555	37.98	-7.89	20.65	7.19
7	-1	+1	+1	8	0.513	42.73	-12.34	22.81	13.7
8	+1	+1	+1	7.2	0.423	40.79	-5.81	27.5	7.01

L (Luminosidad), a (Verde-Rojo), b (Amarillo-Azul), ΔE (Diferencia de color), X₁=Malla sombra, X₂= Ventilador, X₃= Tipo de colector

Diferencia de color

Para cada una de las muestras secas se midió el color, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 2. Se observó que la mayoría de las muestras presentó una diferencia de color baja, es decir, que el color no varió tanto después de ser sometida al proceso de secado. Los valores que se obtuvieron para la ΔE estuvieron entre 4.7 y 13.7, que como ya se mencionó, son valores bajos. En la Figura 4 se muestra el epazote fresco comparado con el que secó bajo las diferentes condiciones y se puede observar que en las muestras secas la diferencia de color no es tan evidente.

La diferencia de color más baja que se registró fue de 4.7 la cual corresponde a la corrida 3, donde no se usó malla sombra, se usó el ventilador y el colector con cubierta de policarbonato; mientras que cuando se usó malla sombra, bajo esas mismas condiciones, se obtuvo una diferencia de color de 5.38, que de igual forma es baja.

De acuerdo con Orphanides [9] la conservación del color depende de la planta, esto porque cada planta tiene diferentes compuestos, los cuales al someterse a un proceso como el secado pueden verse afectados por las temperaturas alcanzadas.

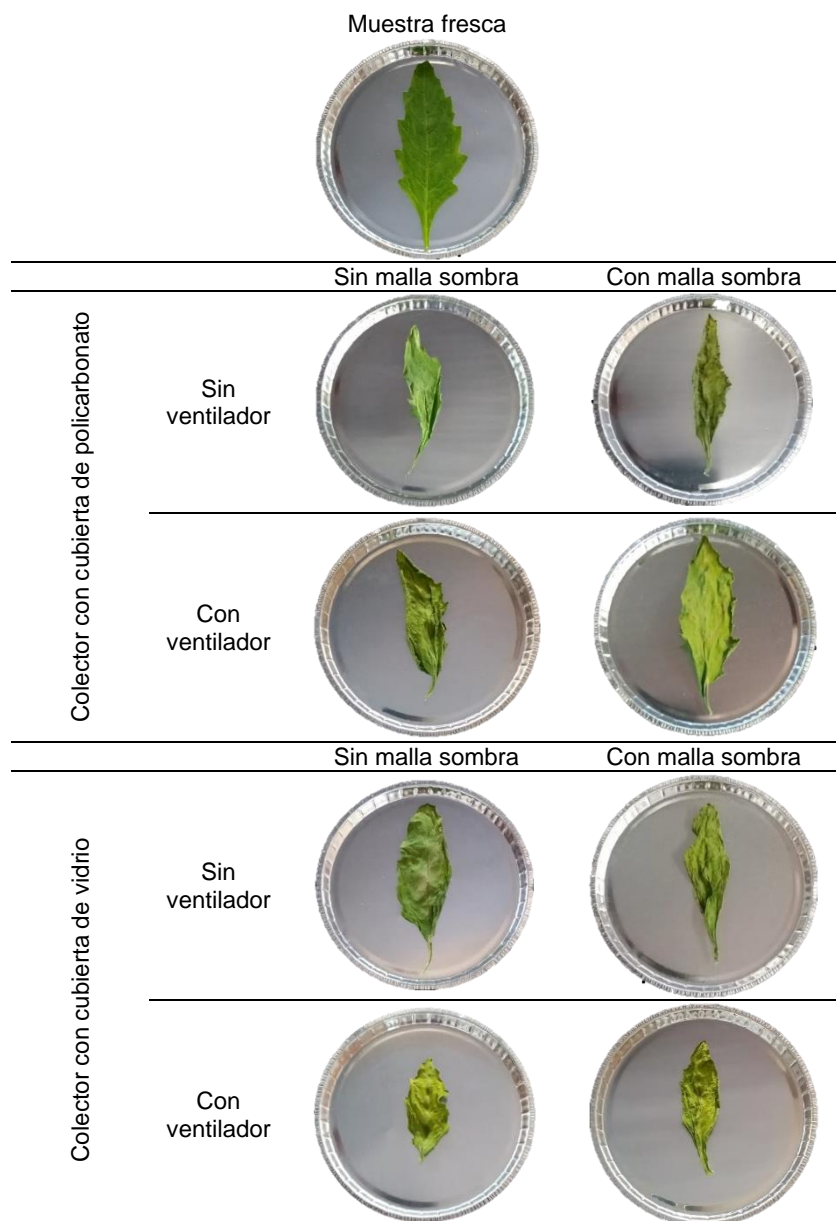


Figura 4. Muestras de epazote secas comparadas con la muestra fresca

Actividad antioxidante

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para la actividad antioxidante a una concentración de 100 µg/ml. La muestra fresca tuvo un porcentaje de reducción de DPPH del 14%. Villalobos Delgado [10] reportó un valor del 13% de inhibición del DPPH, similar al obtenido en este estudio. Para todas las corridas experimentales se observó que el porcentaje disminuyó, lo cual puede atribuirse a que los diferentes compuestos del epazote al someterse a diferentes temperaturas se vieron afectados. Como lo que se espera es que se conserve la actividad antioxidante después del secado, el porcentaje más alto que se obtuvo fue de 10.27 para la corrida 2, donde se usó la malla sombra y el colector con cubierta de policarbonato, pero sin el ventilador.

Tabla 3. Resultados obtenidos para la actividad antioxidante a una concentración de 100 µg/ml

Corrida	D.O. 515 nm	% Reducción del DPPH
Muestra fresca	0.565	14.300
1	0.613	7.024
2	0.553	10.276
3	0.611	5.658
4	0.614	2.746
5	0.609	6.019
6	0.618	2.059
7	0.600	4.963
8	0.590	6.494

Datos ambientales

En la Figura 5 se muestran los datos ambientales registrados el día que se realizó el experimento 1, se observa la irradiancia en el plano inclinado y vertical, además de la temperatura promedio alcanzada dentro de la cámara de secado. La irradiancia máxima que se registró en el piranómetro inclinado fue 1000 W/m² y para el vertical 582 W/m², mientras que la temperatura máxima fue de 67°C. Para la temperatura se observan unos picos muy prominentes, esto se debe a que cada media hora el secador se abría para realizar las mediciones de la pérdida de peso, por lo cual había una pérdida de calor en el secador. Además, para esta prueba no se usó la malla sombra, por lo cual la irradiancia entraba directamente en la cámara y a su vez esto aumentó la temperatura.

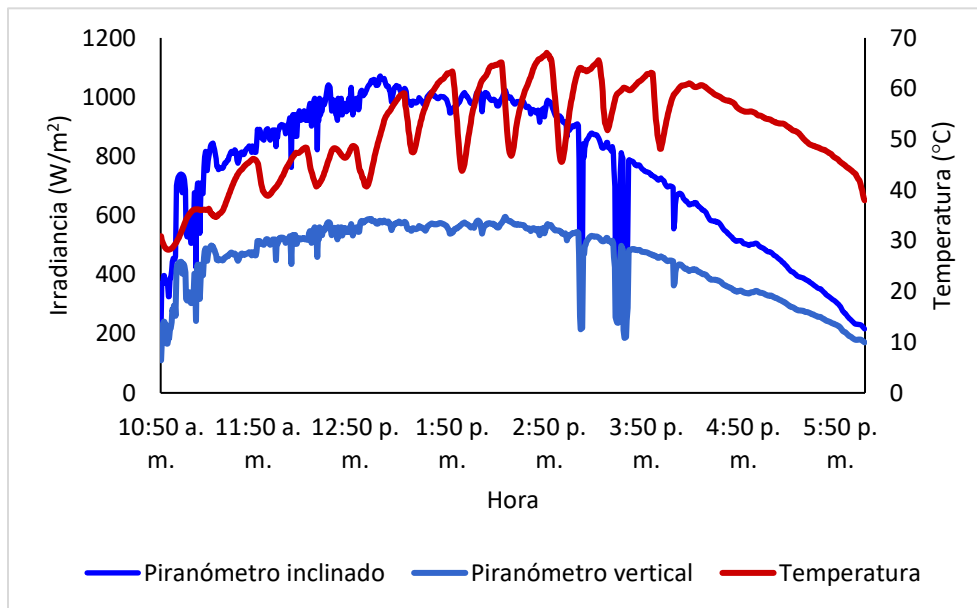


Figura 5. Datos ambientales registrados para el experimento 1

En la Figura 6 se muestran los datos ambientales registrados para el día que se realizó el experimento 4. La irradiancia máxima registrada para el piranómetro inclinado fue de 943 W/m² y para el piranómetro vertical 687 W/m². Mientras que la temperatura máxima alcanzada dentro de la cámara de secado fue de 50°C. Si bien se tuvieron irradiancias altas, la temperatura máxima dentro del secador no fue tan alta comparada con la del experimento 1 y esto se debe a que, en este experimento, se utilizó la malla sombra, impidiendo la entrada directa de la radiación solar y haciendo

que no se elevara tanto la temperatura. Sin embargo, otro factor que hizo que la temperatura disminuyera un poco más fue el uso del ventilador, por eso la temperatura se mantiene un poco más estable y a pesar de que se vea la variación de la temperatura por cada vez que se abría el secador, los picos no son tan pronunciados.

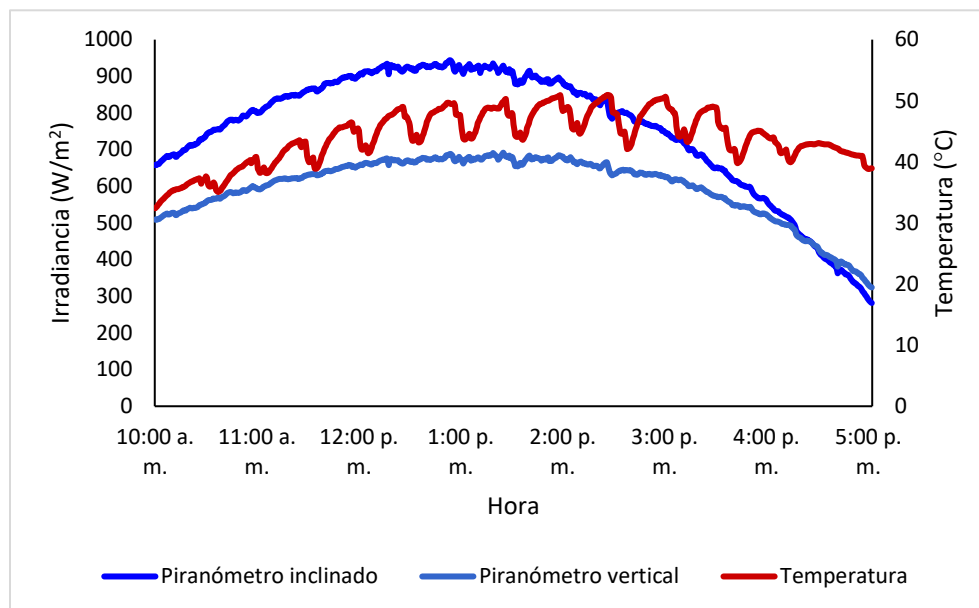


Figura 6. Datos ambientales registrados para el experimento 4

Trabajo a futuro

Se espera realizar más estudios sobre la actividad antioxidante para poder determinar la IC_{50} , así como usar diferentes porcentajes de malla sombra sobre la cámara de secado.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos el epazote alcanzó las condiciones esperadas para prolongar su vida útil. El tiempo de secado más corto se registró en la corrida 3 con 4 horas, esto puede atribuirse a que al no usar malla sombra las temperaturas alcanzadas dentro de la cámara de secado fueron más altas, acelerando el proceso. Esa misma corrida favoreció la actividad de agua y la diferencia de color, ya que se obtuvieron valores bajos. Mientras que para el contenido de humedad el valor más bajo se obtuvo sin utilizar malla sombra, sin ventilador y con el colector con cubierta de vidrio. Para la actividad antioxidante, como se buscaba conservarla después del secado, las condiciones que favorecieron esto fueron el uso de la malla sombra, el colector con cubierta de policarbonato, pero sin el ventilador.

Se observó que ciertas variables de respuesta se vieron favorecidas por los mismos factores, por ejemplo, el tiempo de secado, la actividad de agua y la diferencia de color, pero para el caso de la humedad y la actividad antioxidante las condiciones de secado resultaron diferentes; por lo que habría que tener en cuenta cual variable de respuesta es de más importancia y de esta forma determinar las condiciones adecuadas para el secado.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al proyecto 319188 “Centro comunitario para el deshidratado solar de productos agropecuarios de pequeños productores indígenas de Hueyapan, Morelos” por el financiamiento parcial de la infraestructura y equipo experimental. Al laboratorio de secado solar a través del proyecto PAPIIT IN103021 “Secado solar de productos agropecuarios”.

Referencias

- [1] X. Aguirre Dugua, I. Castillo Juárez y L. d. M. Ruiz Posadas, «Usos actuales y potencial de las plantas aromáticas y medicinales,» *Agro-Divulgación*, vol. 2, n° 2, pp. 53-63, 2022.
- [2] M. Özgüven, G. Gülseren y J. Müller, «Investigation of the efficiency of drying conditions for essential oil production from aromatic plants,» *Makara Journal of Science*, vol. 23, n° 3, pp. 148-154, 2019.
- [3] L. M. Calvo Irabien, «Plantas aromáticas nativas: realidades y retos,» *Herbario CICY*, pp. 9-11, 2016.
- [4] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, «Hierba olorosa y sabrosa, es el epazote,» 20 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hierba-olorosa-y-sabrosa-es-el-epazote>. [Último acceso: 09 Diciembre 2022].
- [5] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, «Monografía de productos agroalimentarios mexicanos: Epazote,» 17 05 2022. [En línea]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726661/Epazote_web.pdf. [Último acceso: 2022 12 09].
- [6] C. A. Menchaca Valdez y R. B. Recio Colmenares, «Secado solar de alimentos,» de *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2017, pp. 126-133.
- [7] T. S. B. Rao y S. Murugan, «Solar drying of medicinal herbs: A review,» *Solar Energy*, vol. 223, p. 415–436, 2021.
- [8] N. Chaves, A. Santiago y J. C. Alías , «Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used,» *Antioxidants*, vol. 9, n° 76, 2020.
- [9] A. Orphanides, V. Goulas y V. Gekas, «Drying Technologies: Vehicle to High-Quality Herbs,» *Food Eng Rev*, vol. 8, p. 164–180, 2016.
- [10] L. H. Villalobos Delgado, E. . G. González Mondragón, A. Y. Salazar Govea, J. T. Santiago Castro y J. Ramírez Andrade, «Efecto antioxidante de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en carne molida cruda de bovino,» *NACAMEH*, vol. 10, n° 2, p. 35-48, 2016.
- [11] S. Shalaby, M. Darwesh, M. Ghoname, S. E. Salah, Y. Nehela y M. Fetouh, «The effect of drying sweet basil in an indirect solar dryer integrated with phase change material on essential oil valuable components,» *Energy reports* , vol. 6, pp. 43-50, 2020.